

CLIPPEDIMAGE= JP408232955A

PAT-NO: JP408232955A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08232955 A

TITLE: MAGNETIC BEARING

PUBN-DATE: September 10, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KANEMITSU, YOICHI

OSAWA, SUSUMU

MORI, SATOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

EBARA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07063350

APPL-DATE: February 27, 1995

INT-CL (IPC): F16C032/04;H02K005/16 ;H02K007/09

ABSTRACT:

PURPOSE: To easily form a closed space to store a control coil without requiring complicated structure and to facilitate manufacturing of a large bearing in simple structure by forming the cylindrical space by a bias core and a yoke.

CONSTITUTION: It is possible to displace a rotation axis in the radial direction by magnetizing a control valve 7 by an electric current output from a power amplifier 19 in accordance with a detection signal of a displacement sensor 3. Hereby, the control electric current is made to flow by an opposite phase to generate it in the opposite direction of a control magnetic flux to

make downward attraction force work. On such a magnetic bearing in such constitution, a cylindrical closed space is formed by a casing 100 on the outside of a control core 9, stator seal rings 11a, b, c, d and two yokes 4, 5, and as a radial control coil 7 is arranged here, it is hard for a working fluid to intrude into the control coil 7. Consequently, it is not necessary to make it in can structure and it is easy to manufacture a large bearing.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-232955

(43) 公開日 平成8年(1996)9月10日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 C 32/04			F 1 6 C 32/04	F
H 0 2 K 5/16			H 0 2 K 5/16	Z
7/09			7/09	

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-63350

(22) 出願日 平成7年(1995)2月27日

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 金光 陽一

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 大沢 将

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 森 敏

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

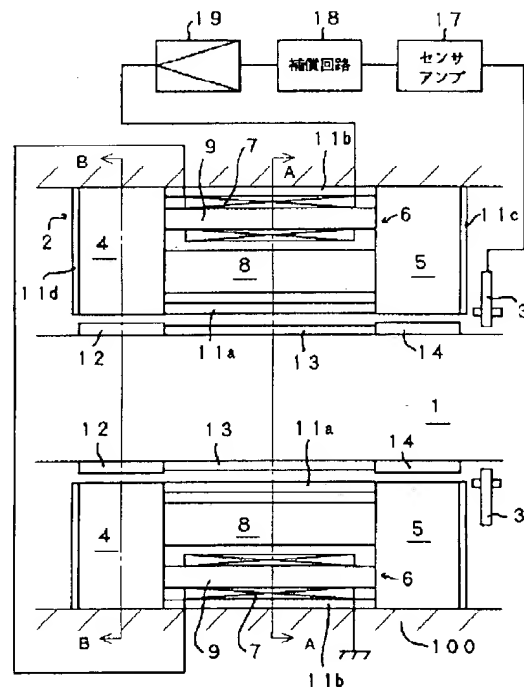
(74) 代理人 弁理士 渡邊 勇 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁気軸受

(57) 【要約】

【目的】 簡単な構造で大型軸受に用いることのできる磁気軸受を提供する。

【構成】 回転軸1の回りに固定子2が配され、固定子2より回転軸1に磁気を作用させてラジアル方向の駆動力を与え、回転軸1を軸芯に一定に保つようにした磁気軸受であって、固定子2は、軸方向に沿って延び、円周上に少なくとも3つ以上配された制御コア9と、このコア9にそれぞれ巻き付けられた制御コイル7と、コア9の端部にそれぞれ固着された一対の円板状の固定子ヨーク4、5と、ヨーク4、5の制御コイル7より内側を相互につなぐ筒状の、軸方向に着磁したバイアス磁束用永久磁石8とから構成された。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸の回りに固定子が配され、固定子より回転軸に磁気作用させてラジアル方向の駆動力を与え、回転軸を軸芯に一定に保つようにした磁気軸受であって、上記固定子は、軸方向に沿って延び、円周上に少なくとも3つ以上配された制御コアと、このコアにそれぞれ巻き付けられた制御コイルと、上記コアの端部にそれぞれ固着された一対の円板状の固定子ヨークと、上記ヨークの制御コイルより内側を相互につなぐ筒状の、軸方向に着磁したバイアス磁束用永久磁石とから構成されたことを特徴とする磁気軸受。

【請求項2】 上記固定子ヨークに半径方向の溝を、上記制御コイルの間に設けたことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項3】 上記回転軸には、上記固定子ヨークに対向するように、一対の回転子ヨークを回転軸に挿入し、さらに該回転子ヨークを接続し磁気回路を構成するように磁性材のスリーブを回転軸に挿入したことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項4】 上記固定子ヨークの間に、回転軸に沿って筒状非磁性シールリングを配置し、該シールリング、上記ヨーク及び軸受ケーシングによって上記制御コア、上記制御コイル、上記バイアス用永久磁石を収容する密閉空間を形成し、軸受隙間を流れる流体がコイル部に浸入しないように構成したことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項5】 上記固定子ヨークの間に、回転軸に沿って筒状非磁性シールリングを配置し、さらに、上記ヨークの外側面にシール円板を配置し、上記ヨーク、該シールリング、該シール円板および軸受ケーシングによって上記制御コア、上記制御コイル、上記バイアス用永久磁石を収容する密閉空間を形成し、軸受隙間を流れる流体がコイル部に浸入しないように構成したことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項6】 上記固定子と上記回転軸の互いに対向する面の少なくとも一方には、軸方向あるいは周方向に沿って表面位置が変化する凹凸が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項7】 磁性粉供給装置を備え、上記固定子と上記回転軸の間の隙間に磁性粉を供給する手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の磁気軸受。

【請求項8】 上記磁性粉供給装置は、磁性粉を流体として混合して上記固定子と上記回転軸の間の隙間に移送することを特徴とする請求項7に記載の磁気軸受。

【請求項9】 上記固定子のシールリングと回転軸のスリーブの間の隙間を固定子ヨークと回転子ヨークの隙間より小さくしたことを特徴とする請求項3に記載の磁気軸受。

【請求項10】 上記固定子のシールリングの回転軸に対向した内面が多円弧状であることを特徴とする請求項

9に記載の磁気軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気軸受に係り、特に外部に作動流体が漏れることを嫌うような用途、例えばポンプやターボ遠心圧縮機などの回転流体機械などに用いて好適な磁気軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図10乃至図12は、従来の磁気軸受を備えた回転駆動装置であり、回転駆動用のモータ部30の両側にそれぞれラジアル磁気軸受部31、32が設けられている。このラジアル軸受部31、32はラジアル方向に回転軸に向けて突出するコア（鉄芯）33、34とこれに巻き付けられたコイル35、36からなる励磁コイル37、38が周方向に複数配置されてなっており、回転軸39のラジアル方向の位置を検知するセンサ40からの信号をもとに、これらのコイルに流す電流を調整することによって回転軸のラジアル方向の位置を一定に制御するようになっている。この軸受は、このようにラジアル磁極が周方向に配置された構造となっているため、作動流体がこの励磁コイルに浸入することを防ぐために円筒状の薄い金属板でラジアル軸受磁極全体を囲むいわゆるキャン構造を採用している。

【0003】 また、この軸受装置の一端側には、軸方向にかかる負荷にตอบสนองして軸方向の位置を一定に保つスラスト軸受41が設けられている。そして、回転軸39が被駆動軸と結合される側では、ケーシング貫通側の内側の部分において、軸受の内部を外部から保護するため、あるいは軸受内部の潤滑用流体が外部に漏れるのを防ぐため、メカニカルシール42又は非接触の環状シールが配置されている。

【0004】 このラジアル軸受は、図13に示される制御回路によって制御される。この制御回路は、回転軸の変位を検出するセンサ40からの信号を位相補償する補償回路42と、この位相補償回路42の信号を整流する検波回路43、検波された信号を増幅して励磁コイル37、38に電流を供給するパワーアンプ44とからなっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このような従来の磁気軸受においては、上記のようなキャン構造を大型軸受に適用するのは困難であるという課題があり、大型軸受に用いることのできる別の構造の磁気軸受の開発が待たれていた。また、被駆動軸との結合端側でメカニカルな又は非接触環状シールを採用するために構造が複雑になっていた。

【0006】 この発明は上述した事情に鑑みて為されたもので、簡単な構造で大型軸受に用いることのできる磁気軸受を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記課題を解決するために、回転軸の回りに固定子が配され、固定子より回転軸に磁気を作用させて回転軸にラジアル方向の駆動力を与え、回転軸の軸芯の位置を一定に保つようにした磁気軸受において、上記固定子を、軸方向に沿って延び、円周上に少なくとも3つ以上配された位置制御コアと、この位置制御コアにそれぞれ巻き付けられた制御コイルと、上記コアの端部にそれぞれ固着された一对の円板状のヨークと、上記ヨークの制御コアより内側をつなぐ筒状のバイアス磁束用永久磁石とから構成したものである。

【0008】また、この発明は、上記回転軸には、上記固定子ヨークに対向するように、一对の回転子ヨークを回転軸に挿入し、さらに該回転子ヨークを接続し磁気回路を構成するように磁性材のスリーブを回転軸に挿入したことを特徴とする。

【0009】また、この発明は、上記固定子ヨークに半径方向の溝を、上記制御コイルの間に設けたことを特徴とする。

【0010】また、この発明は、上記固定子ヨークの間に、回転軸に沿って筒状非磁性シールリングを配置し、該シールリング、上記ヨーク及び軸受ケーシングによって上記制御コア、上記制御コイル、上記バイアス用永久磁石を収容する密閉空間を形成し、軸受隙間を流れる流体がコイル部に浸入しないように構成したことを特徴とする。

【0011】また、この発明は、上記固定子ヨークの間に、回転軸に沿って筒状非磁性シールリングを配置し、さらに、上記ヨークの外側面にシール円板を配置し、上記ヨーク、該シールリング、該シール円板および軸受ケーシングによって上記制御コア、上記制御コイル、上記バイアス用永久磁石を収容する密閉空間を形成し、軸受隙間を流れる流体がコイル部に浸入しないように構成したことを特徴とする。

【0012】また、この発明は、上記固定子と上記回転軸の互に対向する面の少なくとも一方には、軸方向あるいは周方向に沿って表面位置が変化する凹凸が形成されていることを特徴とする。

【0013】また、この発明は、磁性粉供給装置を備え、上記固定子と上記回転軸の間の隙間に磁性粉を供給する手段を備えたことを特徴とする。

【0014】また、この発明は、上記磁性粉供給装置は、磁性粉を流体として混合して上記固定子と上記回転軸の間の隙間に移送することを特徴とする。

【0015】また、この発明は、上記固定子のシールリングと回転軸のスリーブの間の隙間を固定子ヨークと回転子ヨークの隙間より小さくしたことを特徴とする。

【0016】また、この発明は、上記固定子のシールリングの回転軸に対向した内面が多円弧状であることを特徴とする。

【0017】

【作用】本発明によれば、軸方向両端部に一对の円板状の固定子ヨークが配置され、これは筒状のバイアス用永久磁石と円弧板状の制御コアによって結合されている。バイアス用永久磁石と固定子ヨークによって制御コイルを収容する筒状の空間が形成されるので、この部分にラジアル方向制御用の励磁コイルを巻回した制御コアを配置し、これを適当な蓋状部材（又は軸受ケーシング）で覆うことにより、制御コイル用の密閉空間が形成される。すなわち、上述した磁気軸受の構成によれば、構造上、制御コイル用の密閉空間が容易に形成される。制御コイルを備えた制御コア又はバイアス用永久磁石によって形成された磁界は制御コア又はバイアス用永久磁石に沿って固定子ヨークに導かれ、ヨークの内面と回転軸の外表面又は回転軸に挿入した回転子ヨークの外表面の間を通過して回転軸外表面又は回転子ヨーク外表面の磁性部分に流れる。バイアス用永久磁石による磁束は、固定子ヨークと回転子ヨークの隙間部分で円周方向に均一に形成されるのに対して、制御コアによる磁束は、円周方向に任意に形成される。従って、両磁束が合成された磁束は円周方向に不均一なものとなり、半径方向の磁気力が回転子に対して作用することとなる。

【0018】また、固定子ヨークに半径方向の溝を設けることにより、制御コア、制御コイルにより発生する制御磁束が、ヨーク内を周方向に流れることを防止し、半径方向に向かい有効に回転軸に流れる。このため、固定子ヨークと回転子ヨークの隙間部分の磁束密度を高め、制御性を高めることができる。

【0019】また、回転子ヨークを接続し、磁気回路を構成するように磁性材のスリーブを回転軸に挿入したことから、固定子ヨークと回転子ヨークの隙間部分にバイアス用永久磁石による磁束と制御コアによる磁束の密度を高め、制御性を高めることができる。

【0020】また、固定子と回転軸の対向表面に凹凸を設けることにより、作動流体の流動が妨げられ、作動流体が固定子と回転軸の間の空間に保持される。

【0021】また、この空間に磁性粉を供給することにより、同様に作動流体の流動が妨げられて同様のシール作用を行う。

【0022】さらに、回転軸スリーブと固定子シールリングの隙間を他の隙間より狭くすることにより、軸受が非常停止したときなどにおいて、この部分で回転軸の荷重を支持するので、磁気軸受の損傷が防止される。

【0023】更に、固定子シールリングに多円弧状の溝を設けることにより、軸受隙間の作動流体を保持することができる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の一実施例の磁気軸受について図面を参照しながら説明する。

【0025】図1及び図2は、この発明の一実施例の磁

10

20

30

40

50

気軸受を示すもので、図1は軸方向に沿った断面を示し、図2はそのA-A線に沿った断面を示す。基本的に磁性材料からなる回転軸1と、この回転軸1を取り囲む筒状の固定子2から構成され、さらに回転軸の相対変位を検出する非接触センサ3が設けられている。固定子2はケーシング100に固定されている。

【0026】固定子2は、両端の円板状のヨーク4、5と、これらのヨーク4、5間の制御用電磁石6とバイアス磁束用永久磁石8からなっており、この制御用電磁石6は永久磁石8の外側に配置される。制御用電磁石6は制御コイル7とコア9から構成される。制御コイル7は円周上に等間隔に配置された円弧板状の4つの制御コア9にそれぞれ巻き付けられている。永久磁石8は円筒状であり軸方向に着磁されており、円周方向に沿って均一な軸方向の磁束を発生する。これらの制御コア9及び永久磁石8はいずれもその両端をヨーク4、5の内端に固着されている。永久磁石8のさらに内側には、非磁性材料からなる筒状のシールリング11aがやはり両端をヨーク4、5の内面に固着されて取り付けられている。

【0027】回転軸1の外面には筒状の回転子ヨーク12、14とスリーブ13が嵌合され固定されている。この回転子ヨークは、固定子ヨークに対応する部分12、14が磁性材料で形成され、上記シールリング11aに対応するスリーブ13も磁性材料で形成されている。

【0028】次に、この磁気軸受の制御回路の構成を、図1と図2を参照して説明する。制御回路は、回転軸の変位を検出するセンサ3からの信号を増幅するセンサアンプ17と、このセンサアンプの信号を位相補償する補償回路18と、この位相補償回路の信号を増幅してラジアル磁極に電流を供給するパワーアンプ19とからなっている。この実施例では、センサ3は軸線に直交する面内で互いに直交するように2組が設けられており、制御回路もそれに応じて2系統設けられている。そして、軸線を挟んで互に対向する位置にある制御コイル7は位相を反対にして直列に接続され、図2に示すようにそれぞれのパワーアンプ19からの出力端子はセンサ3に対応する向きの制御コイル7に接続されている。

【0029】次に、上記のように構成された磁気軸受の作用について説明する。まず、バイアス磁束用永久磁石8から図3に示すような回転軸1のヨーク12、14の対向する箇所ではラジアル方向に逆向きとなるような磁束 $\Phi_1$ が発生する。一方、制御コイル7に電流を付与すると、図4に示すように、回転軸1の例えば上下に対向する箇所において同じ向きとなる磁束 $\Phi_2$ が発生する。これらは個々には回転軸に対して両側から吸引力を及ぼし、ラジアルな変位を与えない。

【0030】しかし、両方のコイルを同時に励磁すると、これらのバイアス磁束 $\Phi_1$ と制御磁束 $\Phi_2$ の両磁束が作用し、これらは回転軸の上側では強めあい、回転軸の下側では弱めあうので、結果的に上向きの吸引力が残る

ことになる。つまり、変位センサ3の検出信号に応じてパワーアンプ19から出力される電流により、制御コイル7を励磁することにより、回転軸1をラジアル方向に変位させることができる。図において下向きの吸引力を作用させるには、制御電流を図4の制御磁束 $\Phi_2$ と逆方向に発生するように逆の位相で流せば良い。

【0031】このような構成の磁気軸受においては、制御コア9の外側の軸受ケーシング100と固定子シールリング11a、b、c、d及び2つのヨーク4、5によって筒状の密閉空間が形成され、ここにラジアル制御コイル7が配置されるので制御コイルに作動流体が浸入しにくい。従って、キャン構造にする必要がなく、大型の軸受を製造することも容易である。

【0032】図5は、本発明の磁気軸受がシール効果を持つことを説明する。これらの回転子側のヨーク・スリーブ12、13、14の外面には、円周方向に延びる凸条15が軸方向に所定間隔をおいて設けられ、従って、軸方向断面において交互に凹凸が形成されている。一方、ヨーク4、5及びシールリング11aの内周面には、スリーブ12、13、14の表面に向かって延びる凸条16a、16bがスリーブの凹凸と同じピッチで、その先端とスリーブ12、13、14の凹凸のそれぞれの表面との間にわずかの隙間を持つように形成されている。この回転軸1と固定子2の間の筒状の空間には適当な粘性を持った作動流体が供給される。

【0033】凸条15及び16a、16bによって形成される凹凸がこの空間での作動流体の流れに対して抵抗作用を持ち、この空間に作動流体を保持する。これによって、この空間に常に流体が確保され、安定な回転を行わせるとともに、駆動軸側などで軸受のケーシングを貫通する箇所をシールを簡易なものとし、重量やコストを低減することができる。

【0034】図6は、この発明の第2実施例の磁気軸受を示すもので、図1におけるB-B線に沿った断面図である。固定子2のヨーク4、5に両端面を貫通し外側表面に開口する軸方向に沿ったスリット21が形成された構造となっている。このスリット21によってヨーク4、5の周方向の磁気抵抗が大きくなっているため、制御用の磁束 $\Phi_2$ が回転軸1のスリーブを迂回してヨーク内で閉じてしまい、制御力が低下することが防止される。

【0035】図7及び図8は、この発明の第3実施例を示すもので、これは図1の実施例において、固定子2と回転軸1との間のせまい隙間を流れる作動流体の流動抵抗を高めるための工夫がなされているものである。すなわち、固定子2の作動流体の上流（供給）側のヨーク5の端部に磁性粉の挿入孔22が形成され、これは供給管23を介して圧送ポンプ24と、流体に混合させた磁性粉25を収容する磁性粉容器26に接続されている。

【0036】このような構造の磁気軸受においては、圧送ポンプ24を作動させると磁性粉が作動流体の上流側

10

20

30

40

50

から供給されて作動流体に混入する。これは、さらに固定子2と回転軸1の間の磁束に従って、図8に示すように分布して作動流体の流れを阻害し、作動流体をこの空間に保持するように作用する。

【0037】図9は、この発明の第4実施例を示すもので、固定子2の中央シールリング11とこれに対応する回転軸1のスリーブ13を摺動性の良い、すなわち摩擦係数の小さい材料で形成し、また、これらの表面に凸条や溝を設けておらず、互いの表面は滑らかに仕上げられている。そしてそれらの間の隙間を固定子ヨーク4、5と両端の回転子ヨーク12、14のそれより少し小さく設定している。これにより、磁気軸受そのものが、例えば異常振動などによりその機能を失ったような場合でも、シールリング11とスリーブ13が接触して磁気軸受の損傷を防ぐようになっている。

【0038】なお、この例においても、シールリング11とスリーブ13の対向表面に螺旋状の溝を設けてシール効果を増大するようにしてもよい。また、これらの表面の双方又は一方に、適当な形状の、例えば多円弧形にして軸受効果を増大させたり、多角形の凹所や凸部を設けてシール効果を増大させるようにしてもよい。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、バイアスコアとヨークによって筒状の空間が形成されるので、複雑な構造を必要とせずに制御コイルを収容するための密閉空間が容易に形成され、構造が簡単で大型軸受の製造も容易である。固定子と回転軸の対向面に複数の周方向溝を形成することにより、作動流体に流動抵抗を増してこの空間の流動を維持し、安定な回転と簡便なシール構造を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例の正面断面図である。

【図2】図1のAA矢視図である。

【図3】上記実施例のバイアス用永久磁石による磁束分布を示す模式図である。

【図4】上記実施例の制御コイルによる磁束分布を示す模式図である。

【図5】上記実施例のシール効果を増す手段の構成を示す模式図である。

【図6】この発明の第2実施例を示すもので、図1のBB矢視図である。

【図7】この発明の第3の実施例を示す正面断面図である。

【図8】図7の要部を拡大して示す図である。

【図9】この発明の第4の実施例を示す正面断面図である。

【図10】従来の磁気軸受兼用モータを示す正面断面図である。

【図11】図10の側面断面図である。

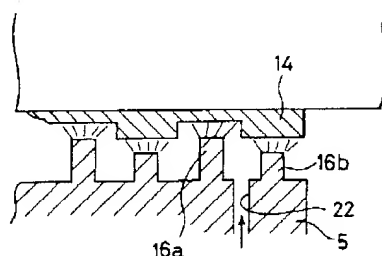
【図12】図10におけるセンサの配置を示す模式図である。

【図13】図10の従来の制御回路の構成を示す模式図である。

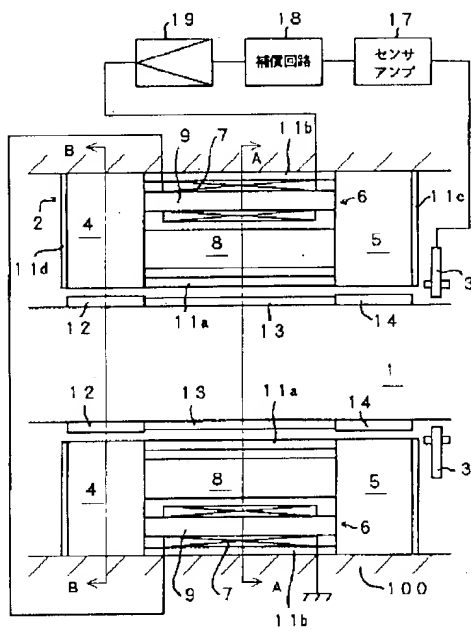
【符号の説明】

- 1 回転軸
- 2 固定子
- 3 センサ
- 4, 5 固定子ヨーク
- 6 制御用電磁石
- 7 制御コイル
- 8 バイアス磁束用永久磁石
- 9 制御コア
- 10 バイアス磁束用永久磁石
- 11 a 内側シールリング
- 11 c, 11 d 側面シールリング
- 12, 14 回転子ヨーク
- 13 スリーブ
- 15, 16 a, 16 b 凸条
- 17 センサアンプ
- 18 補償回路
- 19 パワーアンプ
- 21 スリット
- 22 磁性粉挿入孔

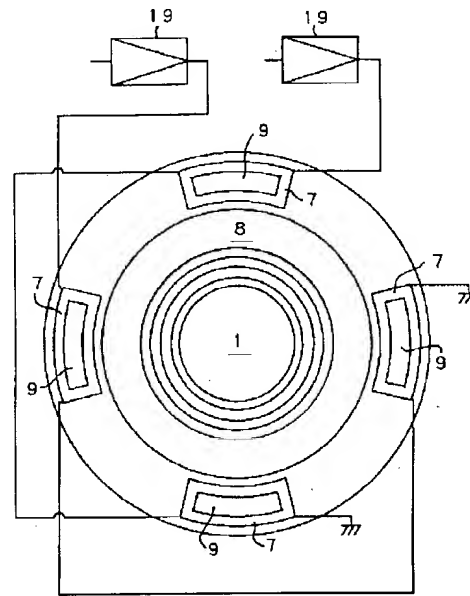
【図8】



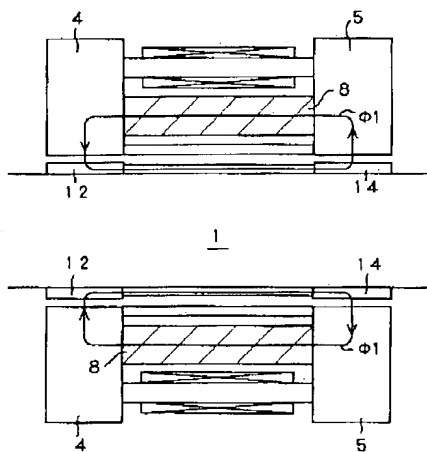
【図1】



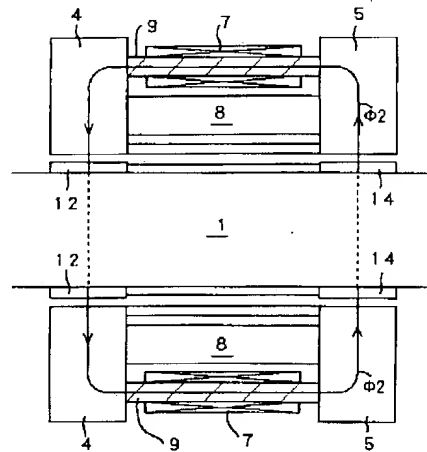
【図2】



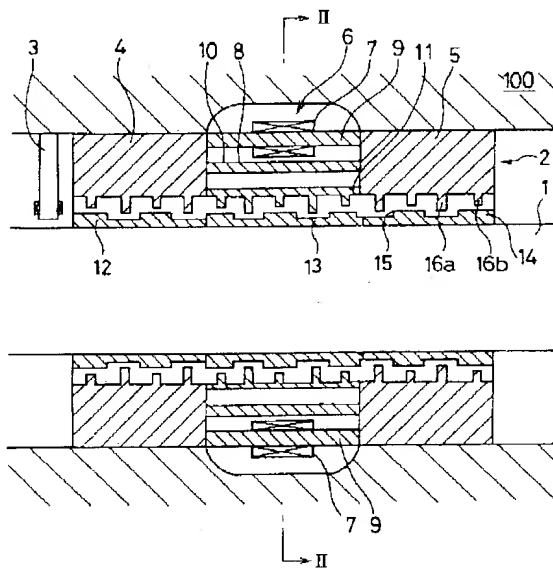
【図3】



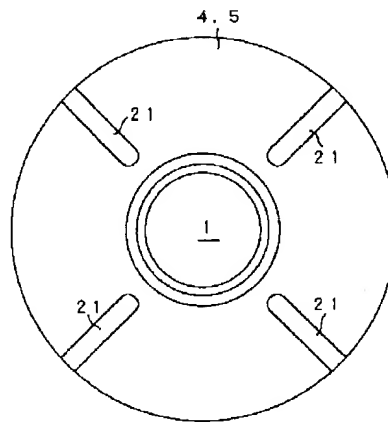
【図4】



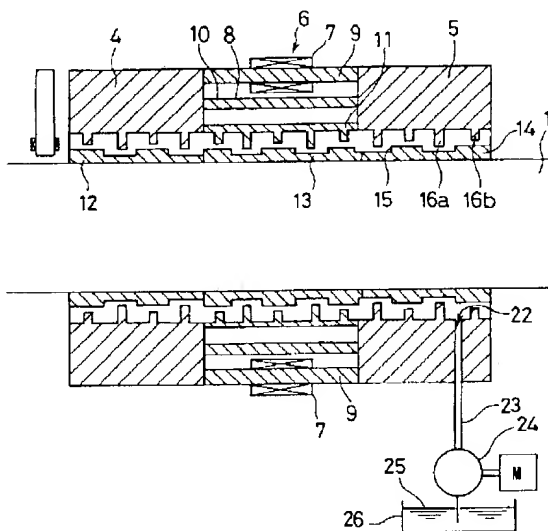
【図5】



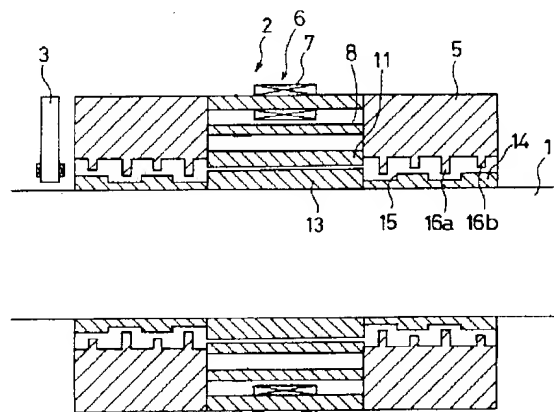
【図6】



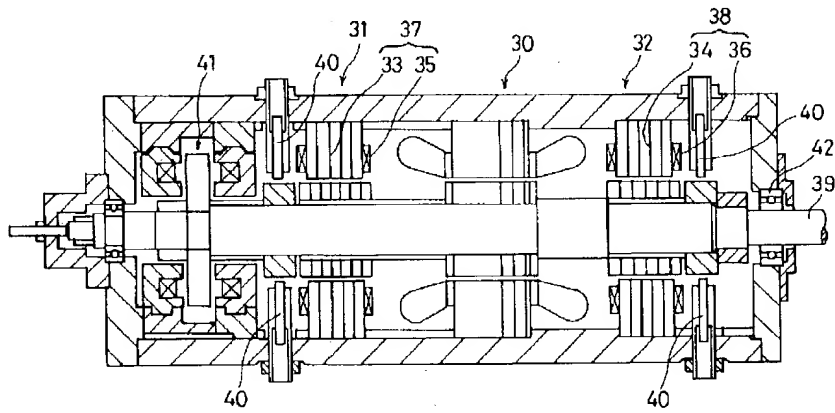
【図7】



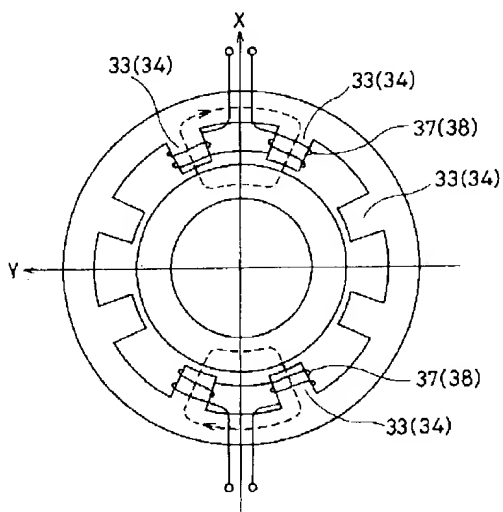
【図9】



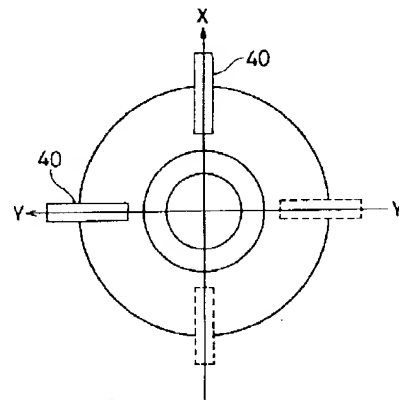
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

